

(51)

Int. Cl. 2:

G 02 C 7/04

B 29 D 11/00

(19)

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES



PATENTAMT

Behörden Eigentum

DT 25 46 692 A 1

(11)

Offenlegungsschrift 25 46 692

(21)

Aktenzeichen:

P 25 46 692.6-51

(22)

Anmeldetag:

17. 10. 75

(43)

Offenlegungstag:

21. 4. 77

(30)

Unionspriorität:

(32)

(33)

(31)

PTO 2001-4317

S.T.I.C. Translations Branch

(54)

Bezeichnung:

Verfahren zur Herstellung einer ausgezackten bzw. gerillten Randkante an Silikongummi-Kontaktlinsen mittels eines CO₂-Lasers und nach diesem Verfahren hergestellte Kontaktlinse

(71)

Anmelder:

American Optical Corp., Framingham, Mass. (V.St.A.)

(74)

Vertreter:

Henkel, G., Dr.phil.; Kern, R. M., Dipl.-Ing.; Feiler, L., Dr.rer.nat.;
Hänzel, W., Dipl.-Ing.; Pat.-Anwälte, 8000 München

(72)

Erfinder:

Robinson, Charles Canfield, Sturbridge, Mass. (V.St.A.)

Prüfungsantrag gem. § 28 b PatG ist gestellt

DT 25 46 692 A 1

P a t e n t a n s p r ü c h

1. Silikongummi-Kontaktlinse mit einer an das Auge eines Patienten angepaßten, konkaven Rückseite, einer einer Rezeptvorschrift entsprechend ausgebildeten, konvexen Vorderseite und einem endbearbeiteten, umlaufenden Randabschnitt mit einer abgerundeten Randkante und einer zwischen letzterer und der Linsen-Rückseite gelegenen Abschrägung, dadurch gekennzeichnet, daß die Oberfläche der Abschrägung (42) durch rillen- oder nutartige Vertiefungen (43) ausgezackt ist, welche den Tränenflüssigkeitsfluß zwischen dem Auge des Patienten und der Kontaktlinse verbessern bzw. begünstigen.
2. Kontaktlinse nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die gerillte oder ausgezackte Fläche der Abschrägung (42) aus einer Folge von radial verlaufenden Rillen bzw. Nuten besteht.
3. Kontaktlinse nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die rillenartigen Vertiefungen um die Kontaktlinse herum auf regelmäßige Abstände verteilt sind und daß die Randkante (40) der Kontaktlinse mit Aussparungen (44) versehen ist, welche in die radial verlaufenden Nuten bzw. Rillen übergehen.
4. Verfahren zur End- oder Feinbearbeitung des Randabschnitts einer Silikongummi-Kontaktlinse, insbesondere nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit einer dem Auge des Patienten angepaßten konkaven Rückseite und einer einer Rezeptvorschrift entsprechend ausgebildeten, konvexen Vorderseite, dadurch gekennzeichnet, daß die Linse gehaltert und langsam um eine vorbestimmte Achse herum in Drehung versetzt wird und daß ein Laserstrahl intermittierend mit solcher Intensität und Dauer gegen den Randabschnitt der

709816/0649

ORIGINAL INSPECTED

- 14 -

- 9 -

Linse g richtet wird, daß an diesem Randabschnitt eine entsprechende Menge Linsenmaterial abgetragen wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß bei gleichmäßiger Drehung der Linse weiterhin die Linsenrandkante abgerundet und ein Übergangsradius zwischen der abgerundeten Randkante und der konvexen Vorderseite der Linse ausgebildet wird.
6. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Drehbewegung der Linse periodisch bzw. zyklisch an ausgewählten, sich bei jeder Linsenumdrehung wiederholenden Rotationssegmenten angehalten wird, so daß intermittierend Material an der Randkante der Linse abgetragen wird.
7. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Intensität des Laserstrahls bei gleichmäßig umlaufender Linse zyklisch bzw. periodisch variiert wird, um dabei intermittierend Material an der Linsenrandkante abzutragen.

2546692

PATENTANWÄLTE
HENKEL, KERN, FEILER & HÄNZEL

TELEX: 05 29 802 HNKL D
TELEFON: (0 89) 66 31 97, 66 30 91 - 92
TELEGRAMME: ELLIPSOID MÜNCHEN

EDUARD-SCHMID-STRASSE 2
D-8000 MÜNCHEN 90

BAYERISCHE HYPOTHEKEN- UND
WECHSELBANK MÜNCHEN Nr. 318-45111
DRESDNER BANK MÜNCHEN 3 914 97
POSTSCHECK: MÜNCHEN 1621 47 - NW

- 3 -

American Optical Corporation
Framington, Mass., V.St.A.

UNSER ZEICHEN:
BETRIFFT:

MÜNCHEN, DEN

17. Okt. 1975

Verfahren zur Herstellung einer ausgezackten bzw. gerillten
Randkante an Silikongummi-Kontaktlinen mittels eines CO₂-
Lasers und nach diesem Verfahren hergestellte Kontaktlinse

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren nebst einer Vor-
richtung zur Bearbeitung der Randkanten von als "weiche Kon-
taktlinen" bezeichneten Kunststoff-Kontaktlinen.

Kunststoff-Kontaktlinen, insbesondere "weiche" Kontaktlinen,
werden durch Gießen oder Formen unter Herstellung eines Roh-
lings, der anschließend durch maschinelle Bearbeitung auf eine
vorgeschriebene Kontur gebracht werden kann, oder unter Her-
stellung einer der Rezeptvorschrift entsprechenden Linse mit
einwandfrei konturierten Flächen gefertigt. In beiden Fällen
sind noch Randbearbeitungsvorgänge erforderlich. Die Kontakt-
linse wird dabei zur Bildung einer abgerundeten Randkante ge-
schliffen oder mittels eines Laserstrahls geschnitten, um dabei
auch einen Übergangsradius an der Randkante der Vorderseite,
an welcher die abgerundete Kante in die Krümmung der Lins über-
geht, und zudem eine Abschrägung zwischen der abgerundeten

Ke/Bl/ro

- 2

709816/0649

- 2 -

- 4.

Kante und der konkaven Rückseite der Linse zu bilden. Diese Formgebung ist nicht nur zur Gewährleistung einer sehr glatten Randkante wesentlich, damit die Linse störungsfrei getragen werden kann, vielmehr wird durch die Abschrägung auch eine geringe Divergenz der Linse vom Augapfel des Benutzers hinweg gewährleistet, um den Fluß der Tränenflüssigkeit zwischen der Linse und dem Auge zu begünstigen.

Für diese Randbearbeitungsvorgänge sind zahlreiche Schleifverfahren, Schleifmittel und Schleifvorrichtungen entwickelt worden. Dabei wird im wesentlichen die Kontaktlinse auf ein Futter aufgespannt, an dem sie je nach Fall durch einen Luftdruckunterschied oder durch ein Klebmittel festgehalten wird. Das Futter wird in Drehung versetzt, während ein Werkzeug an der Linsenkante angreift und an dieser Kante die vorgesehenen Abrundungs-, Abschärf- und Abschrägarbeiten durchführt. Außerdem sind auch bereits Vorrichtungen und Anordnungen zur Darstellung der Linsenkante mit starker Vergrößerung auf einem Bildschirm bekannt, um die Schneid-, Schleif- und Polierarbeiten überwachen zu können.

Die Abschrägung an der Randkante der konkaven Rückseite der Kontaktlinse ist von außerordentlicher Wichtigkeit, wenn sich diese Rückseite eng an den Augapfel des Benutzers anlegt, weil es nämlich wesentlich ist, daß die Tränenflüssigkeit aufgrund von Kapillarwirkung und auf andere Weise über den Augapfel fließt. In gewissen Fällen bei Verwendung von Silikongummi-Kontaktlinsen kann der Werkstoff hydrophob sein, obgleich er notwendigerweise zur Gewährleistung von hydrophilen Oberflächen behandelt wird, welche die Tränenflüssigkeit anziehen. In diesen Fällen kommt der Abschrägung eine beträchtliche Bedeutung für die Einleitung einer zufriedenstellenden Kapillarwirkung und eines Flüssigkeitsflusses über den Augapfel und um die Linse herum zu. Bei der Herstellung von starren bzw. harten Linsen aus Glas o.dgl. hat es sich gezeigt, daß ein

709816/0649

Auszacken oder eine Welligkeit einer Linsenfläche am Linsenrand für die Verbesserung des Kapillarflusses von Tränenflüssigkeit unter der Linse hindurch vorteilhaft ist. Bei der Endbearbeitung von weichen Kontaktlinsen, etwa solchen aus Silikongummi bzw. -kautschuk, ist bisher noch kein Bearbeitungsvorgang vorgeschlagen worden, bei dem der Linsenrand ausgezackt oder gerillt bzw. gewellt wird. Es ist sehr schwierig, der Randkante einer Silikongummi-Kontaktlinse bei der Endbearbeitung eine glatte Fläche, geschweige denn eine abgerundete Fläche zu verleihen, weil ungefüllter Silikongummi weich ist und eine sehr schlechte Zugfestigkeit besitzt, so daß jede Bearbeitung, mit der eine Unterbrechung einer glatten Randkante oder Fläche der Linse angestrebt wird, entweder zu einem Bruch der Linse führt oder Anlaß zu Linsenbruch bei der Handhabung gibt. Obgleich ein optisch klarer, gefüllter Silikongummi eine erheblich verbesserte Zugfestigkeit besitzt, zeigt er dennoch eine Neigung zu einem Einreißen bei der mechanischen Randbearbeitung, während andererseits eine ausreichend glatte Oberfläche dabei nicht zu erzielen ist.

Aufgabe der Erfindung ist damit die Schaffung eines verbesserten und zweckmäßigen Verfahrens für die Randbearbeitung einer Kontaktlinse, etwa einer gegossenen Silikongummilinsen, beispielsweise mittels eines Laserstrahls in der Weise, daß eine ausgewählte Fläche, insbesondere die Randkante an der konkaven Rückseite der Linse, ausgezackt oder gerillt werden kann.

Die Erfindung bezweckt dabei auch die Schaffung einer weichen Kontaktlinse, die an ihrer Rückseite eine ausgezackte, abgeschrägte Randkante aufweist, welche den Tränenflüssigkeitsfluß zwischen der Linse und dem Auge des Benutzers verbessert.

Im Zuge der genannten Aufgabe sieht die Erfindung auch die Schaffung einer einfachen und wirksamen Möglichkeit für die Abwandlung des Linsen-Endbearbeitungsvorgangs unter Benut-

- 6 -
.- 4 -

zung eines Laserstrahls vor, um bei der Endbearbeitung z.B. eine ausgezackte Fläche etwa an einer Abschrägung an der Rückseite der Kontaktlinse auszubilden.

Bei diesem Verfahren, bei dem die Linsenfläche je nach Bedarf entweder glatt oder ausgezackt sein kann, sollen zudem keine Verfahrensschritte, Arbeitsgänge oder Ausrüstungsteile erforderlich sein, die zu einer nennenswerten Verteuerung des Linsenrand-Endbearbeitungsvorgangs führen.

Die genannte Aufgabe wird bei einer Silikongummi-Kontaktlinse mit einer an das Auge eines Patienten angepaßten, konkaven Rückseite, einer einer Rezeptvorschrift entsprechend ausgebildeten, konvexen Vorderseite und einem endbearbeiteten, umlaufenden Randabschnitt mit einer abgerundeten Randkante und einer zwischen letzterer und der Linsen-Rückseite gelegenen Abschrägung, erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die Oberfläche der Abschrägung durch rillen- oder nutartige Vertiefungen ausgezackt ist, welche den Tränenflüssigkeitsfluß zwischen dem Auge des Patienten und der Kontaktlinse verbessern bzw. begünstigen.

Mit der Erfindung werden also eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Verwendung eines Laserstrahls für die Ausbildung einer vorzugsweise in die konkave Rückseite der Kontaktlinse übergehenden, ausgezackten Konfiguration an der Randkante einer weichen Kontaktlinse aus Silikongummi, insbesondere an der Randabschrägung geschaffen. Die Linse wird dabei auf einem Spannfutter gehalten und mit einer vorbestimmten, vergleichsweise niedrigen Drehzahl in Drehung versetzt, während der Laserstrahl gegen die Linsenkannte gerichtet wird, um die Endbearbeitung der Linsenrandkante durchzuführen und die Abschrägung zu schneiden. Eine ausgezackte Konfiguration wird an der Randkante der Linse und gewünschtenfalls an der Abschrägung dadurch hervorgebracht, daß die Drehbewegung der Linse perio-



disch unterbrochen wird, so daß infolge der Hitze des Laserstrahls je eine rillenförmige Nut an den Stellen eingestochen wird, an denen die Drehbewegung der Linse verlangsamt oder angehalten wird. Zu diesem Zweck wird der Mechanismus zum Drehen der Linse durch eine Vorrichtung ergänzt, welche die gleichmäßige Drehbewegung der Linse während ihrer Bearbeitung mittels des Laserstrahls periodisch unterbricht. Die ausgezackte Konfiguration kann auch durch zyklische oder periodische Änderungen der Laserstrahlintensität ausgebildet werden.

Im folgenden sind bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der beigefügten Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine teilweise im Schnitt gehaltene Seitenansicht einer Vorrichtung zur Bearbeitung der Randkante einer Kontaktlinse mittels eines Laserstrahls, bei welcher insbesondere die Drehbewegung der Linse während ihrer Bearbeitung durch den Laserstrahl unterbrochen bzw. angehalten werden kann, um an der Linsenrückseite eine ausgezackte Abschrägung auszubilden,

Fig. 2 eine in stark vergrößertem Maßstab gehaltene, schematische Darstellung eines Randabschnitts einer Kontaktlinse zur Veranschaulichung der Art und Weise, auf welche ein Laserstrahl die Randkante der Kontaktlinse schneidet und abrundet und dabei an der konvexen Vorderseite der Linse einen Übergangsradius ausbildet,

Fig. 3 eine Fig. 2 ähnelnde schematische Darstellung, welche jedoch die Winkelstellung des Laserstrahls beim Schneiden einer Randabschrägung an der konkaven Rückseite der Kontaktlinse angibt,

Fig. 4 eine schematische Rückseitenansicht der Vorrichtung gemäß Fig. 1 zur Veranschaulichung der Konstruktion eines Steigradmechanismus zur periodischen Unterbrechung der Bewegung der Kontaktlinse bei ihrer Drehung zum Schneiden durch einen Laserstrahl,

Fig. 5 eine in stark vergrößertem Maßstab gehaltene perspektivische Teilansicht einer Kontaktlinse zur Veranschaulichung der Art und Weise, auf welche die Randabschrägung an der Rückseite der Linse durch deren unterbrochene Drehbewegung beim Schneiden der Abschrägung mittels eines Laserstrahls ausgezackt bzw. gerillt wird, und

Fig. 6 eine Teil-Rückseitenansicht einer Kontaktlinse, deren Randkante ebenfalls ausgezackt bzw. gerillt ist,

Die Erfindung sieht die Verwendung eines Laserstrahls für die Endbearbeitung des Randabschnitts einer "weichen" Kontaktlinse vor. Durch die intensive Wärme des Laserstrahls wird das während der Bearbeitung abzutragende Kunstharzmaterial der Kontaktlinse im wesentlichen verdampft oder verascht. Dieses abzutragende Kunstharzmaterial kann eine sehr dünne Oberflächenschicht des Werkstoffs, eine scharfe Kante oder eine Abquetschfläche um die Linsenrandkante herum sein, die dann auftritt, wenn die Linse in einer zweiteiligen Form gegossen wird. Als besonders vorteilhaft hat sich der von einem CO_2 -Laser erzeugte Laserstrahl erwiesen. CO_2 -Laser sind an sich bekannt und brauchen daher nicht näher erläutert zu werden. Der Laserstrahl kann dabei auf einen sehr kleinen Durchmesser mit scharfer Begrenzung und mit derart intensiver Hitze reduziert werden, daß er ohne weiteres winzige Unregelmäßigkeiten und andere Überschußabschnitte an Oberfläche und Randkante einer Kunststofflinse wegzubrennen vermag. Es hat sich herausgestellt, daß dann, wenn das Material mittels eines solchen Laserstrahls von

der Linsenrandkante abgetragen wird, die Schnittkanten keineswegs scharf und gezackt, sondern vielmehr äußerst glatt sind, und zwar bis zu einem solchen Grad, daß eine weitere Feinbearbeitung der Randkanten nach einem herkömmlichen Polierverfahren überflüssig wird.

Es hat sich gezeigt, daß der Laserstrahl bei vielen Arten der für die Herstellung von weichen Kontaktlinsen verwendeten Kunstharze angewandt werden kann und sich besonders für Silikongummis bzw. -kautschuks eignet. Durch die Hitze des Laserstrahls wird der im Strahlengang befindliche Silikongummi depolymerisiert, so daß dieser Kunststoff entweder zu Asche verbrennt und/oder verdampft. Die Leistung des Laserstrahls variiert in Abhängigkeit von der Strahldicke und dem zu bearbeitenden Material. Im Normalfall sind Laserstrahlen mit einer Ausgangsleistung von 5 - 75 W ausreichend und für jede an einer kleinen Kontaktlinse vorgesehene Bearbeitung zufriedenstellend, und in den meisten Fällen reichen Ausgangsleistungen von 5 - 10 W aus. Die erforderliche maximale Ausgangsleistung läßt sich jedoch ohne weiteres durch einfache Versuche mit jedem beliebigen vorgesehenen Werkstoff ermitteln.

Sobald einmal ein Laserstrahl einer vorbestimmten Ausgangsleistung für den Schneidvorgang gewählt worden ist, kann dieser Laserstrahl auch für die Ausbildung einer ausgezackten oder gerillten Fläche herangezogen werden, indem die Drehzahl der Linse periodisch variiert wird. Sooft eine Nut eingestochen werden soll, kann die Drehbewegung der Linse verlangsamt oder sogar angehalten werden. Dabei bleibt eine erhabene Stelle bzw. eine Fläche an dem Abschnitt der Linsenoberfläche zurück, über den sich die Linse mit maximaler Geschwindigkeit dreht. Obgleich für diesen Zweck verschiedenartige Vorrichtungen eingesetzt werden können, ist der grundsätzliche Aufbau solcher Vorrichtungen in jedem Fall gleich. Eine derartige Konstruktion umfaßt einen Mechanismus zur Hal tung und zum Drehen

der Linse, einen Ständer zur Halterung der den Laserstrahl erzeugenden Vorrichtung unter dem richtigen Winkel gegenüber der Linse und eine intermittierende bzw. Fortschaltvorrichtung zur Änderung der Drehzahl der Linse während ihrer Feinbearbeitung durch den Laserstrahl.

Fig. 1 veranschaulicht schematisch eine Vorrichtung zur End- oder Feinbearbeitung einer weichen Kontaktlinse L mittels eines Laserstrahls B. Die Vorrichtung weist einen zweckmäßigen Sockel in Form eines Tisches oder eines tischartigen Abschnitts zum Anbau verschiedener Bauteile auf, die an dieser Stelle nicht näher beschrieben zu werden brauchen. Ein allgemein mit 11 bezeichneter Antriebsmechanismus ist in einem Gehäuse 12 untergebracht, in welchem ein Futter 13 zum Aufspannen einer Linse L gelagert ist. Ein nicht dargestelltes, zweckmäßiges Zentrierwerkzeug kann zum Zentrieren der Linse auf dem Futter 13 benutzt werden; vorzugsweise ist das Futter dabei hohl, so daß die Linse durch einen Unterdruck im Futter festgehalten werden kann, doch kann das Aufspannen der Linse auf dem Futter auch auf andere Weise erfolgen. Das Futter 13 ist mit einer Antriebswelle 14 verbunden, die sich in das Gehäuse erstreckt und an dessen beiden Seiten in Lagern 15 gelagert ist. An der Welle 14 ist ein Rutschzahnrad 16 montiert, und ein im Gehäuse angeordneter Motor 17 steht mit seinem Ritzel 18 mit dem Rutschzahnrad 16 in Eingriff, um die Welle 14 mit einer bestimmten, gleichmäßigen Drehzahl von vorzugsweise $1/4$ bis 1 U/min anzutreiben.

Das vom Futter 13 abgewandte, aus dem Gehäuse 11 herausragende Ende der Welle 14 trägt ein Steigrad 20, das durch eine Hemm- oder Sperrklinke 21 gesteuert wird. Im Betrieb bewirken das Steigrad und die Klinke auf noch zu beschreibende Weise eine intermittierende Drehung des Futters. Die Klinke wird von einem Handhebel 22 getragen, der seinerseits an einem Schwenkpunkt 23 angelenkt ist, so daß er, wie durch die gestrichelten Linien in Fig. 4 angedeutet, gegen das Steigrad

20 vorgeschoben oder von ihm weg bewegt werden kann. Eine Feder 24 hält den Handhebel dabei nachgiebig in diesen beiden Stellungen. Wenn sich die Klinke in einer in das Steigrad 20 eingreifenden Betriebsposition befindet, verschwenkt sie sich auf übliche Weise (wie bei einer Ankerhemmung) entweder unter ihrer Eigenträgheit oder unter dem Einfluß einer Kurve 25, die an einer mit dem Motor 17 verbundenen und sich gemäß Fig. 1 und 4 durch das Gehäuse 11 erstreckenden Welle 26 montiert ist. Falls die Welle 26 vorgesehen ist, ist sie für eine höhere Drehzahl als die Welle des Ritzels 18 übersetzt, weil die Kurve 25 bei jeder Umdrehung der Welle 14 zahlreiche Umdrehungen durchführen muß. Sooft die Klinke und das Steigrad wirkungsmäßig zusammengreifen, wird ersichtlicherweise die Welle 14 jedesmal angehalten, wenn sich die Klinke verschwenkt, um in einen anderen Zahn des Steigrads 20 einzugreifen. Während dieses Vorgangs dreht sich das Rutschzahnrad 16 mit konstanter Drehzahl weiter. Sooft die Drehung der Welle 14 durch den Steigrad- oder Hemmungsmechanismus angehalten wird, setzt das Rutschzahnrad 16 aufgrund seines Schlupfes auf der Welle 14 somit seine Drehung fort. Wenn die Klinke dagegen aus dem Steigrad ausrückt, dreht sich die Welle 14 infolge der Drehung des Rutschzahnrad 16 gleichmäßig weiter.

Der CO₂-Laserstrahl B wird in einem länglichen Gehäuse 30 erzeugt, das einstellbar an einer Gleitplatte 31 montiert ist, die ihrerseits verstellbar an einem lotrecht stehenden Bogen-Segment 32 angebracht ist, welches in der Weise auf dem Sockel 10 montiert ist, daß der aus dem Gehäuse 30 emittierte Laserstrahl B unabhängig von der Winkelstellung des Generator-Gehäuses 30 und des aus diesem emittierten Strahls in einer Ebene liegt, die dicht an der Achse a des Futters 13 liegt oder diese Achse sogar schneidet. Die Achse b des Segments, um welche der Laserstrahl verschiebbar ist, liegt vorzugsweise gemäß Fig. 1 an der Randkante einer auf dem Futter aufgespannten Linse L.

Zur Ausbildung der Auszackungen oder Einschnitte im Linsenrand können auch die Intensität und/oder der Durchmesser des Laserstrahls periodisch geändert werden, während die Linse mit gleichbleibender Geschwindigkeit in Drehung versetzt wird. Die beschriebene Vorrichtung ohne den Steigradmechanismus eignet sich für die Durchführung des Verfahrens mit periodischer Änderung der Strahlintensität. Einrichtungen zur zyklischen bzw. periodischen Änderung der Intensität eines Laserstrahls sind bekannt und brauchen nicht näher erläutert zu werden.

Die Vorrichtung kann noch andere vorteilhafte, nicht dargestellte Bauteile aufweisen, beispielsweise einen Bildschirm, auf dem die Randkante der Linse mit starker Vergrößerung wiedergegeben werden kann, um die Ausrichtung des Laserstrahls zu erleichtern, wenn er zum Schneiden der Linsenrandkante herangezogen wird.

Die Arbeitsgänge für die Feinbearbeitung der Randkante einer Linse sind vergleichsweise einfach und unkompliziert. Fig. 2 zeigt verschiedene Positionen, die der Laserstrahl B einnimmt, wenn eine Randkante 40 und ein Übergangsradius 41 an der Vorderseite der Linse bei sich drehender Linse ausgebildet werden sollen, wobei der Laserstrahl das Überschußmaterial abträgt. Vorzugsweise wird zuerst die Randkante 40 der Linse fertig bearbeitet, worauf der Übergangsradius 41 ausgebildet wird. Dies kann dadurch geschehen, daß der Laserstrahl bei sich auf dem Futter drehender Linse in verschiedene Stellungen verkippt wird. Diese Flächen sind vorzugsweise glatt und ununterbrochen, und zur Ausbildung dieser Flächen wird die Hemmklinke 21 aus dem Steigrad 20 ausgerückt, so daß sie die gleichmäßige, ruckfreie Drehung der Welle 14 nicht behindert. Wahlweise können der Antriebsmechanismus und die Kontaktlinse zur Ermöglichung einer Winkeländerung relativ zum CO₂-Laser verstellt werden, während der Laser in einer festen Stellung verbleiben kann.

Der letzte Verfahrensschritt besteht darin, gemäß Fig. 3 eine Randabschrägung 42 an der Rückseite der Linse auszubilden. Wenn der Laser für diesen Arbeitsgang eingestellt wird, wird die Sperrklinke 21 gegen das Steigrad 20 abgelassen, so daß die Drehbewegung der Linse periodisch angehalten wird, wobei die Zahl der Bewegungsunterbrechungen von der Zahl der Zähne des Steigrads 20 abhängt. Bei jeder dieser Arretierungen wird die Drehbewegung der Linse kurzzeitig angehalten, wobei die Hitze des Laserstrahls die benachbarte Fläche der Linse in der Weise beeinflusst, daß weiteres Material abgetragen und je eine Rille oder Nut 43 in der Abschrägungsfläche 42 der Linse ausgebildet wird, wie dies in Fig. 5 veranschaulicht ist. Durch die auf diese Weise eingestochenen, aufeinanderfolgenden Nuten wird die Oberfläche der Abschrägung auf die angestrebte Weise ausgezackt bzw. gerillt. Dieser einfache Arbeitsgang erfordert keine spezielle Bewegung des Laserstrahls selbst, so daß letzterer nach einmaliger Einstellung fest in seiner Position arretiert werden kann. Gleichzeitig werden die durch die Wirkung des Steigrads eingeführten periodischen Formunterbrechungen entsprechend der Zahl der Zähne des Steigrads in einer regelmäßigen Anordnung um den Linsenrand herum angebracht. Erforderlichenfalls kann die Linse beim Schneiden der Abschrägung über mehrere Umdrehungen gedreht werden, ohne daß die Rillen 43 in bezug auf die Anhaltepositionen der Drehbewegung außer Übereinstimmung gelangen. Das auf diese Weise ausgebildete Zacken- oder Rillennmuster begünstigt den Fluß der Tränenflüssigkeit zwischen einer Kontaktlinse und dem Aufapfel des Benutzers, so daß es eine beträchtliche Verbesserung der Konstruktion einer weichen Kontaktlinse darstellt.

Fig. 6 veranschaulicht eine Abwandlung des vorstehend beschriebenen Arbeitsgangs, bei der am Rand einer Linse durch Einstechen von Rillen oder Nuten 44 ein ausgezacktes bzw. gerilltes Muster ausgebildet wird. Dies wird durch Anwendung des Steigradmechanismus b im Schneiden der Randkante 40 mit-

- 14 -
- 12 -

tels des Laserstrahls auf vorher beschriebene Weise erreicht, wobei diese Randnuten 44 in die Rillen oder Nuten 43 in der Abschrägung übergehen.

Der beschriebene Mechanismus mit dem Rutschzahnrad 16, dem Steigrad 20 und der Hemm- oder Sperrklinke 21 mit zugeordneter Welle 14 ist beispielhaft für eine Vorrichtung, mit deren Hilfe die Drehbewegung des Futters 14 und der Linse L in einem regelmäßigen Schema angehalten werden kann. Es können jedoch auch andere, äquivalente Vorrichtungen angewandt werden, welche die gleiche Funktion erfüllen. Beispielsweise kann der für den Antrieb der Welle 14 benutzte elektrische Strom periodisch unterbrochen werden, so daß die Welle 14 bei ihrer Drehung in kurzen Intervallen verlangsamt oder sogar angehalten wird.

Selbstverständlich sind dem Fachmann verschiedene Änderungen und Abwandlungen der vorstehend offenbarten Ausführungsform möglich, weshalb die Erfindung alle innerhalb des erweiterten Schutzzumfangs liegenden Änderungen, Abwandlungen und Kombinationen mit einschließen soll.

Zusammenfassend wird mit der Erfindung also ein Verfahren geschaffen, bei dem eine gegossene weiche Kontaktlinse um ihren Rand herum mit einem Rillen- oder Auszackungsmuster in einer Abschrägungsfläche an der Randkante der konkaven Rückseite der Linse versehen wird, um den Fluß der Tränenflüssigkeit unter die Linse zu begünstigen. Dabei wird ein Laserstrahl gegen die Linse gerichtet, um bei deren Drehung die Abschrägung auszubilden und infolge periodischer Änderungen der Drehgeschwindigkeit oder der Laserstrahlenergie das Rillen- oder Auszackungsschema zu bilden.

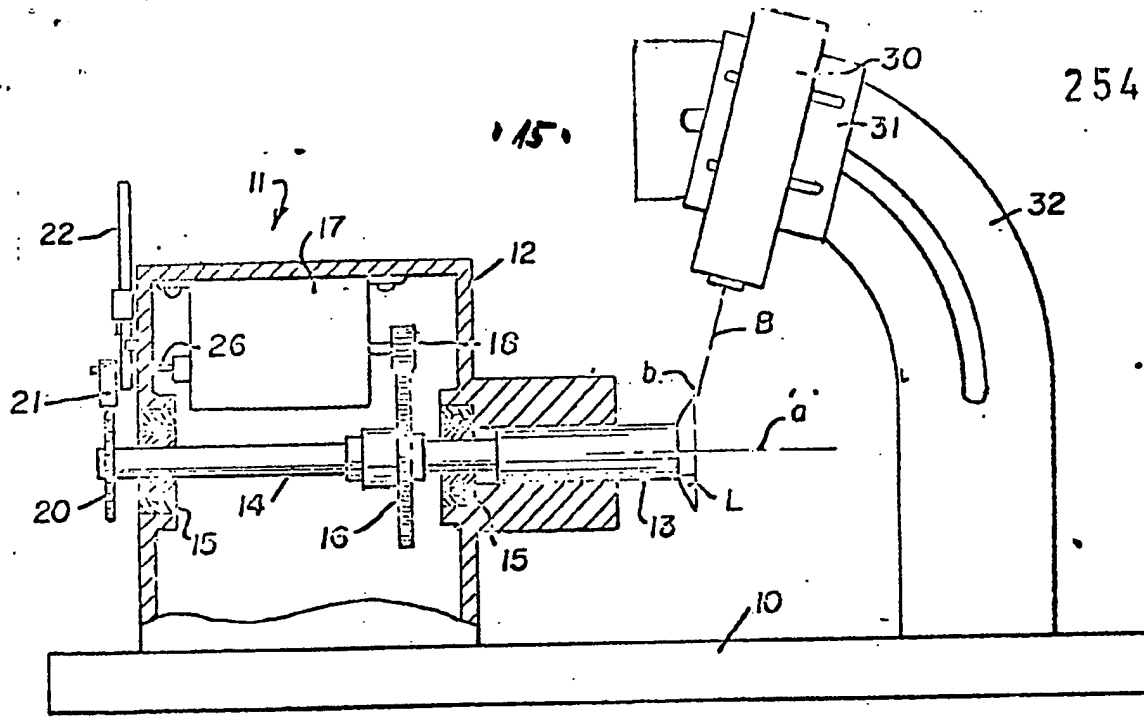


Fig. 1

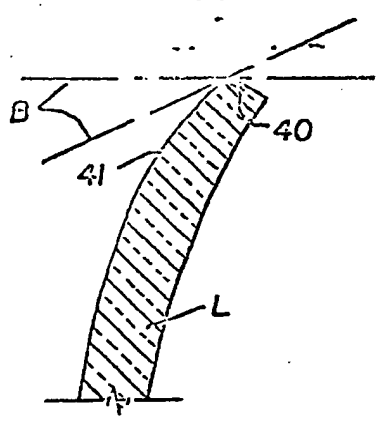


Fig. 2

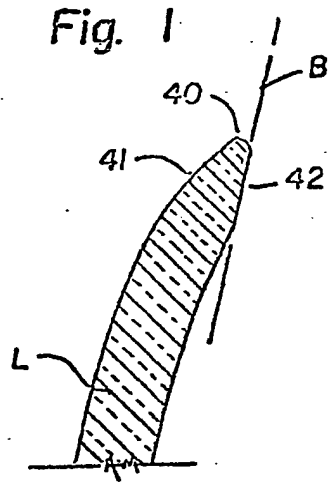


Fig. 3

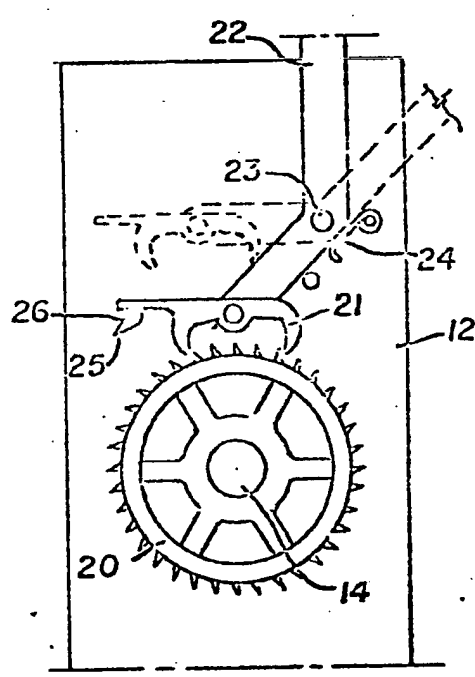


Fig. 4

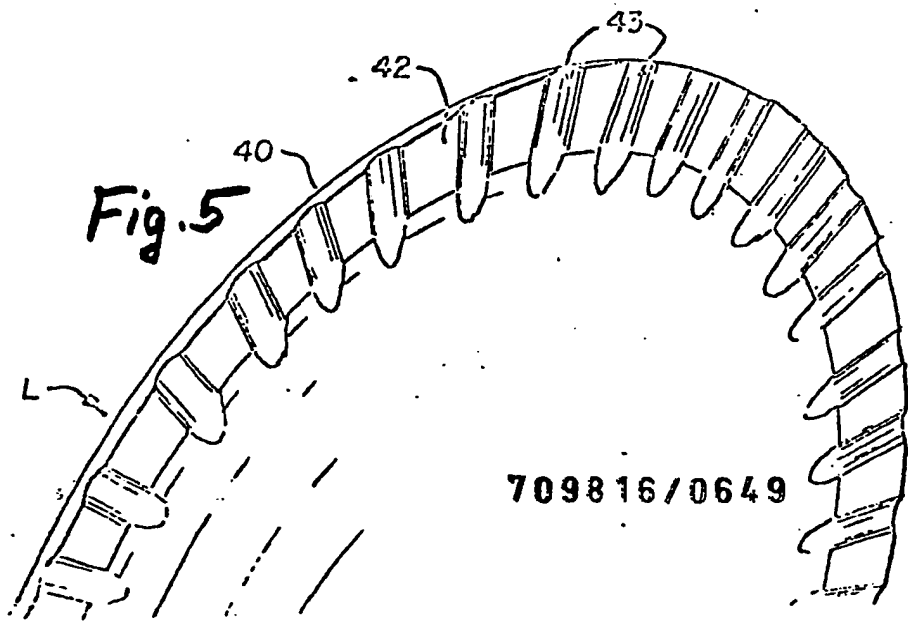


Fig. 5

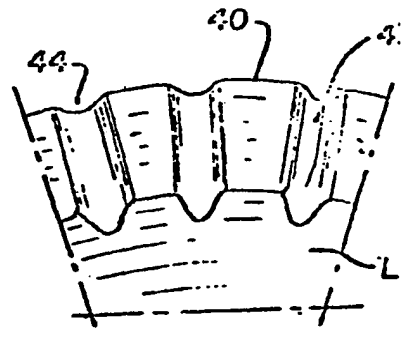


Fig. 6

709816/0649

PTO 01-4317

German Patent No. 25 46 692 A1

**METHOD FOR PRODUCING AN INDENTED OR GROOVED MARGINAL EDGE ON
SILICONE RUBBER CONTACT LENSES BY MEANS OF A CO₂ LASER AND CONTACT
LENS MANUFACTURED IN ACCORDANCE WITH SAID METHOD**

Charles Canfield Robinson

UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE
WASHINGTON, D.C. OCTOBER 2001
TRANSLATED BY THE RALPH MCELROY TRANSLATION COMPANY

FEDERAL REPUBLIC OF GERMANY
GERMAN PATENT OFFICE
PATENT NO. 25 46 692 A1
(Offenlegungsschrift)

Int. Cl. ² :	G 02 C 7/04 B 29 D 11/00
Filing No.:	P 25 46 692.6-51
Filing Date:	October 17, 1975
Date Laid-open to Public Inspection:	April 21, 1977

METHOD FOR PRODUCING AN INDENTED OR GROOVED MARGINAL EDGE ON
SILICONE RUBBER CONTACT LENSES BY MEANS OF A CO₂ LASER AND CONTACT
LENS MANUFACTURED IN ACCORDANCE WITH SAID METHOD

Inventor:	Charles Canfield Robinson
Applicant:	American Optical Corp.

Claims

/1*

1. Silicone rubber contact lens with a concave rear side that is adapted to the eye of a patient, a convex front side that is realized in accordance with the respective prescription and a finish-processed marginal section on the circumference which has a rounded marginal edge and a bevel between the latter and the rear side of the lens, characterized by the fact that the surface of the bevel (42) is indented by means of groove-shaped or channel-shaped depressions (43) that improve and favorably influence the flow of lachrymal fluid between the eye of the patient and the contact lens.

2. Contact lens according to Claim 1, characterized by the fact that the grooved or indented surface of the bevel (42) consists of a series of radially extending grooves or channels.

3. Contact lens according to Claim 2, characterized by the fact that the groove-like depressions are uniformly distributed around the contact lens, and by the fact that the marginal edge (40) of the contact lens is provided with recesses (44) that transform into the radially extending grooves or channels.

* [Editor's note: numbers in the right margin represent pagination in the original foreign language text.]

4. Method for finish-processing or precision-processing the marginal section of a silicone rubber contact lens, in particular, in accordance with one of the preceding claims, with said contact lens containing a concave rear side that is adapted to the eye of the patient and a convex front side that is realized in accordance with the respective prescription, characterized by the fact that the lens is held and slowly turned about a predetermined axis, and by the fact that a laser beam is intermittently directed onto a marginal section of the lens with such an intensity and for such a duration that a corresponding quantity of lens material is removed in this marginal section.

/2

5. Method according to Claim 4, characterized by the fact that the marginal edge of the lens is rounded and a transition radius between the rounded marginal edge and the convex front side of the lens is produced while of the lens rotates with a uniform speed.

6. Method according to Claim 4, characterized by the fact that the rotational movement of the lens is periodically or cyclically stopped in selected rotating segments which reappear during each revolution of the lens such that material is intermittently removed on the marginal edge of the lens.

7. Method according to Claim 4, characterized by the fact that the intensity of the laser beam is cyclically or periodically varied while the lens rotates with a uniform speed in order to intermittently remove material on the marginal edge of the lens.

The invention pertains to a method and a device for processing the marginal edges of plastic contact lenses that are referred to as "soft contact lenses."

/3

Plastic contact lenses, in particular, "soft" contact lenses, usually are cast or molded such that a blank is produced which is subsequently processed on a machine in order to produce a prescribed contour. Alternatively, a lens with flawlessly contoured surfaces which corresponds to the respective prescription is produced. However, the edges need to be processed in both instances. During this process, the contact lens is ground such that a rounded marginal edge is produced or cut by means of the laser beam in order to produce a transition radius on the marginal edge of the front side on which the rounded edge transforms into the curvature of the lens, with a bevel between the rounded edge and the concave rear side of the lens simultaneously being cut. This shaping process is important for ensuring a very smooth marginal edge such that the lens can be worn without causing problems. The bevel also ensures a slight divergence of the lens away from the eyeball in order to promote the flow of lachrymal fluid between the lens and the eye.

/4

Various grinding methods, grinding mediums and grinding devices have been developed for processing these types of edges. In this case, the contact lens essentially is attached to a chuck on which it is, depending on the respective design, held by means of a differential air pressure or an adhesive. The chuck rotates while a tool engages on the lens edge and carries out the intended

rounding, smoothing and beveling processes on this edge. In addition, devices and arrangements for illustrating the lens edge on a monitor with a high magnification have been developed in order to monitor the cutting, grinding and polishing processes.

The bevel on the marginal edge of the concave rear side of the contact lens is of particular importance when this rear side tightly adjoins the eyeball of the user, namely because it is essential that the lachrymal fluid flows over the eyeball due to the capillary effect and other measures. When using silicone rubber contact lenses, the material may be hydrophobic in certain instances although it is correspondingly treated in order to ensure hydrophilic surfaces that attract the lachrymal fluid. In such instances, the bevel plays an important role in initiating a satisfactory capillary effect and the flow of the lachrymal fluid over the eyeball and around the lens. In the manufacture of rigid or hard lenses consisting of glass or the like, it was determined that indenting or corrugating a lens surface on the edge of the lens is advantageous with respect to an improvement in the capillary flow of lachrymal fluid underneath the lens. In the finish-processing of soft contact lenses, e.g., contact lenses consisting of a silicone rubber or caoutchouc, no processing step has been proposed so far for indenting or grooving or corrugating the lens edge. It is very difficult to provide the marginal edge of a silicone rubber contact lens with a smooth surface and, in particular, a rounded surface during the finish-processing, namely because silicone rubber is soft and has a very inferior tensile strength. This means that each processing step for interrupting a smooth marginal edge or surface of the lens either results in a lens fracture or promotes a lens fracture during handling. Although an optically clear silicone rubber has a significantly higher tensile strength, it still tends to tear during the mechanical processing of the edge. Therefore, a sufficiently smooth surface cannot be achieved in this case.

/5

Consequently, the invention is based on the objective of developing an improved and practical method for processing the edge of a contact lens such as a cast silicone rubber lens, for example, by means of a laser beam, wherein the processing is carried out in such a way that a selected surface, in particular, the marginal edge on the concave rear side of the lens, can be indented or grooved.

The invention also aims to develop a soft contact lens with an indented, beveled marginal edge on its rear side which improves the flow of lachrymal fluid between the lens and the eye of the user.

As part of the above-mentioned objective, the invention also aims to develop a simple and effective option for modifying the lens finish-processing by utilizing a laser beam for producing an indented surface, e.g., on a bevel on the rear side of the contact lens, during the finish-processing.

/6

This method, in which the lens surface is, depending on the respective requirements, either realized smooth or indented, should not require any processing steps, work stations or equipment parts which would result in a noteworthy cost increase in the finish-processing of the lens edge.

In a silicone rubber contact lens with a concave rear side that is adapted to the eye of a patient, a convex front side that is realized in accordance with the respective prescription and a finish-processed marginal section on the circumference which has a rounded marginal edge and a bevel between the latter and the rear side of the lens, this objective is, according to the invention, attained due to the fact that the surface of the bevel is indented by means of groove-shaped or channel-shaped depressions that improve and favorably influenced the flow of lachrymal fluid between the eye of the patient and the contact lens.

This means that the invention proposes a device and a method for utilizing a laser beam for producing an indented configuration that preferably transforms into the concave rear side of the contact lens on the marginal edge of a soft contact lens of silicone rubber, in particular, on the marginal bevel. In this case, the lens is held on a clamping chuck and rotates with a comparatively slow predetermined rotational speed while the laser beam is directed onto the edge of the lens in order to carry out the finish-processing of the marginal edge and to cut the bevel. An indented configuration on the marginal edge of the lens and, if so desired, on the bevel is produced due to the fact that the rotational movement of the lens is periodically interrupted such that the heat of the laser beam produces one respective groove-shaped channel at the locations at which the rotational movement of the lens is decelerated or stopped. For this purpose, the mechanism for rotating the lens is supplemented with a device that periodically interrupts the uniform rotational movement of the lens while it is processed by means of the laser beam. The indented configuration can also be produced by cyclically or periodically varying the intensity of the laser beam.

/7

Preferred embodiments of the invention are described in greater detail below with reference to the enclosed figures. The figures show:

Figure 1, a partially sectioned side view of a device for processing the marginal edge of a contact lens by means of a laser beam, wherein the rotational movement of the lens is, in particular, interrupted or stopped while the lens is processed by the laser beam in order to produce an indented bevel on the rear side of the lens;

Figure 2, a highly enlarged schematic representation of a marginal section of a contact lens which serves for elucidating the fashion in which a laser beam cuts and rounds the marginal edge of the contact lens while simultaneously producing a transition radius on the convex front side of the lens;

Figure 3, a schematic representation similar to Figure 2 which, however, indicates the angular position of the laser beam while cutting a marginal bevel on the concave rear side of the contact lens;

Figure 4, a schematic side view of the device according to Figure 1 which serves for

/8

elucidating the construction of an escapement wheel mechanism that serves for periodically interrupting the rotational movement of the contact lens such that it can be cut by means of a laser beam;

Figure 5, a highly enlarged perspective representation of part of a contact lens which serves for elucidating the fashion in which the marginal bevel on the rear side of the lens is indented or grooved by means of a laser beam due to the fact that the rotational movement of the lens is interrupted while the bevel is cut, and

Figure 6, a rear view of part of a contact lens, the marginal edge of which is also indented or grooved.

The invention proposes the utilization of a laser beam for finish-processing the marginal section of a "soft" contact lens. The intense heat of the laser beam essentially evaporates or reduces to ashes the artificial resin material of the contact lens to be removed during processing. The artificial resin material to be removed may consist of a very thin surface layer of the material, a sharp edge or a flash ridge as it is produced when the lens is cast in a two-part mold. The laser beam generated by a CO₂ laser proved to be particularly advantageous. CO₂ lasers are generally known and consequently do not require a more detailed explanation. The laser beam can be reduced to a very small diameter with a high definition and generate such intense heat that minute irregularities and other excess material sections on the surface and the rear edge of a plastic contact lens can be easily burned off. In instances in which the material is removed from the marginal edge of the lens by means of such a laser beam, it was determined that the edges of the cut are by no means sharp and indented, but rather extremely smooth, namely to such a degree that no additional precision-processing of the marginal edges in accordance with a conventional polishing method is required.

/9

It was determined that the laser beam can be utilized for many types of artificial resins used in the manufacture of soft contact lenses and is particularly suitable for silicone rubber or caoutchouc materials. The heat of the laser beam depolymerizes the silicone rubber situated in the beam path such that this plastic material is either reduced to ashes and/or evaporates. The power of the laser beam varies in dependence on the beam thickness and the material to be processed. In normal instances, laser beams with a power between 5-75 W are sufficient and perform satisfactorily in any type of processing to be carried out on a small contact lens. A power between 5-10 W suffices in most instances. The required maximum power can be easily determined by carrying out simple tests on the respective material.

Once a laser beam with a predetermined power has been selected for the cutting process, this laser beam can also be used for producing an indented or grooved surface, namely by periodically varying the rotational speed of the lens. The rotational movement of the lens is decelerated or even stopped each time a channel should be produced. An elevated portion or

surface remains on the section of the lens surface over which the lens revolves with the maximum speed. Although various devices may be used for this purpose, the basic design of these devices is essentially identical. A construction of this type contains the mechanism for holding and turning the lens, a post for holding the device that produces the laser beam at the correct angle relative to the lens and an intermittent or pawl device for varying the rotational speed of the lens while it is precision-processed by means of the laser beam. /10

Figure 1 schematically shows a device for finish-processing or precision-processing a soft contact lens L by means of a laser beam B. The device contains a suitable pedestal in the form of a table or a table-like section for attaching various components which require no detailed description at this point. A drive mechanism that is identified with the reference symbol 11 is accommodated in a housing 12, in which a chuck 13 for attaching a lens L is arranged. A suitable centering tool that is not illustrated in greater detail may be used for centering the lens on the chuck 13; the chuck is preferably hollow such that the lens can be held in the chuck by means of a negative pressure. However, the lens may also be attached to the chuck differently. The chuck 13 is connected to a drive shaft 14 that extends into the housing and is supported in bearings 15 on its two sides. A slip gear 16 is mounted on the shaft 14, and the pinion 18 of a motor 17 that is arranged in the housing is engaged with the slip gear 16 in order to drive the shaft 14 with a certain uniform rotational speed of preferably 1/4 -1 rpm.

The end of the shaft 14 which faces away from the chuck 13 and protrudes out of the housing 11 carries an escapement wheel 20 that is controlled by a catch or detent pawl 21. During the operation of the device, the escapement wheel and the catch cause an intermittent rotation of the chuck as described in greater detail below. The catch is carried by a hand lever 22 that, in turn, is coupled to a pivot 23 such that it can be advanced toward or moved away from the escapement wheel as indicated by the broken lines in Figure 4. A spring 24 flexibly holds the hand lever in these two positions. If the catch is in an operating position in which it engages into the escapement wheel 20, it conventionally pivots (analogous to an anchor escapement) either due to its own inertia or under the influence of a cam that is mounted on a shaft 26 which is connected to the motor 17 and, according to Figures 1 and 4, extends through the housing 11. If the shaft 26 is provided, it is geared for a higher rotational speed than the shaft of the pinion 18 because the cam 25 needs to carry out several revolutions during each revolution of the shaft 14. Each time the catch and the escapement wheel functionally engage, the shaft 14 is obviously stopped once the catch pivots in order to engage into another tooth of the escapement wheel 20. During this process, the slip gear 16 continues to turn with a constant rotational speed. Each time the rotation of the shaft 14 is stopped by the escapement mechanism, the slip gear 16 continues to rotate due to its slip on the shaft 14. However, if the catch disengages from the escapement wheel, the shaft 14 continues to uniformly rotate due to the rotation of the slip gear 16. /11

The CO₂ laser beam B is generated in an oblong housing 30 that is adjustably mounted on a sliding plate 31. This sliding plate is adjustably attached onto a vertical segment of an arc 32 that is mounted on the pedestal 10 in such a way that the laser beam B emitted from the housing 30 lies in a plane that lies close to the axis a of the chuck 13 or even intersects this axis, namely independently of the angular position of the generator housing 30 and the beam emitted from this housing. The axis b of the segment, about which the laser beam can be displaced, preferably lies on the marginal edge of the lens L that is attached to the chuck as shown in Figure 1.

When producing the indentations or incisions in the lens edge, it is also possible to periodically vary the intensity and/or the diameter of the laser beam while the lens rotates with a constant speed. The described device without an escapement wheel mechanism is suitable for carrying out the method by periodically varying the beam intensity. Devices for cyclically or periodically varying the intensity of a laser beam are generally known and require no detailed description.

/12

The device may also contain other advantageous components that are not illustrated in the figures, for example, a monitor on which the marginal edge of the lens can be illustrated in a highly enlarged fashion in order to simplify the alignment of the laser beam when it is used for cutting the marginal edge of the lens.

The steps for precision-processing the marginal edge of a lens are comparatively simple and uncomplicated. Figure 2 shows various positions which the laser beam B assumes when producing a marginal edge 40 and a transition radius 41 on the front side of the lens while the lens rotates. In this case, the laser beam removes the excess material. It is preferred to finish-process the marginal edge 40 of the lens first, with the transition radius 41 being subsequently produced. This can be realized by tilting the laser beam into different positions while the lens rotates on the chuck. These surfaces are preferably smooth and uninterrupted, with the catch 21 being disengaged from the escapement wheel 20 when producing these surfaces such that it does not impair the uniform and uninterrupted rotation of the shaft 14. The drive mechanism and the contact lens can be selectively adjusted relative to the CO₂ laser in order to change the respective angle, with the laser beam remaining in a fixed position.

The last production step consists of producing a marginal bevel 42 on the rear side of the lens as shown in Figure 3. When adjusting the laser for this production step, the detent pawl 21 is engaged with the escapement wheel 20 such that the rotational movement of the lens is periodically stopped, with the number of stops depending on the gearing of the escapement wheel 20. This periodically causes brief stops in the rotational movement of the lens, with the heat of the laser beam influencing the adjacent surface of the lens in such a way that additional material is removed and one respective groove or channel 43 is produced in the beveled surface 42 of the lens as shown in Figure 5. The successive channels produced in this fashion cause the surface of

/13

the bevel to become indented or grooved in the desired fashion. This simple production step requires no special movement of the laser beam such that the latter can be locked in its position after the initial adjustment. The grooves or channels are simultaneously produced in a regular arrangement around the lens edge in accordance with the gearing of the escapement wheel due to the periodic interruptions caused by the escapement wheel. If so required, the lens can be turned by several revolutions while cutting the bevel, namely without risking that the grooves 43 are no longer coincident referred to the positions in which the rotational movement stops. The thusly produced indentation or groove pattern favorably influences the flow of lachrymal fluid between a contact lens and the eyeball of the user such that a significant improvement in the construction of a soft contact lens is achieved.

Figure 6 shows a variation of the previously described production step in which an indented or grooved pattern is produced on the edge of a lens by means of grooves or channels 44. This is achieved by utilizing the escapement wheel mechanism while cutting the marginal edge 40 by means of the laser beam in the previously described fashion, with these marginal grooves 44 transforming into the channels or grooves 43 in the bevel. /14

The described mechanism with the slip gear 16, the escapement wheel 20 and the catch or detent pawl 21 with the assigned shaft 14 represents an exemplary device for stopping the rotational movement of the chuck 14 and the lens L in regular intervals. However, equivalent devices that fulfill the same function may also be utilized. For example, the electric current used for driving the shaft 14 can be periodically interrupted such that the shaft 14 is decelerated or even stopped in short intervals during its rotation.

Naturally, a person skilled in the art would be able to conceive various alterations and modifications of the previously disclosed embodiment. This is the reason why the invention is intended to include all alterations, modifications and combinations that lie within the broadened scope of protection.

In summation, the invention discloses a method in which a cast soft contact lens is provided with an indentation or groove pattern in a beveled surface the marginal edge of the concave rear side of the lens in order to favorably influence the flow of lachrymal fluid underneath the lens. In this case, a laser beam is directed onto the lens in order to produce the bevel during its rotation and to produce the groove or indentation pattern due to periodic changes in the rotational speed or the laser intensity.

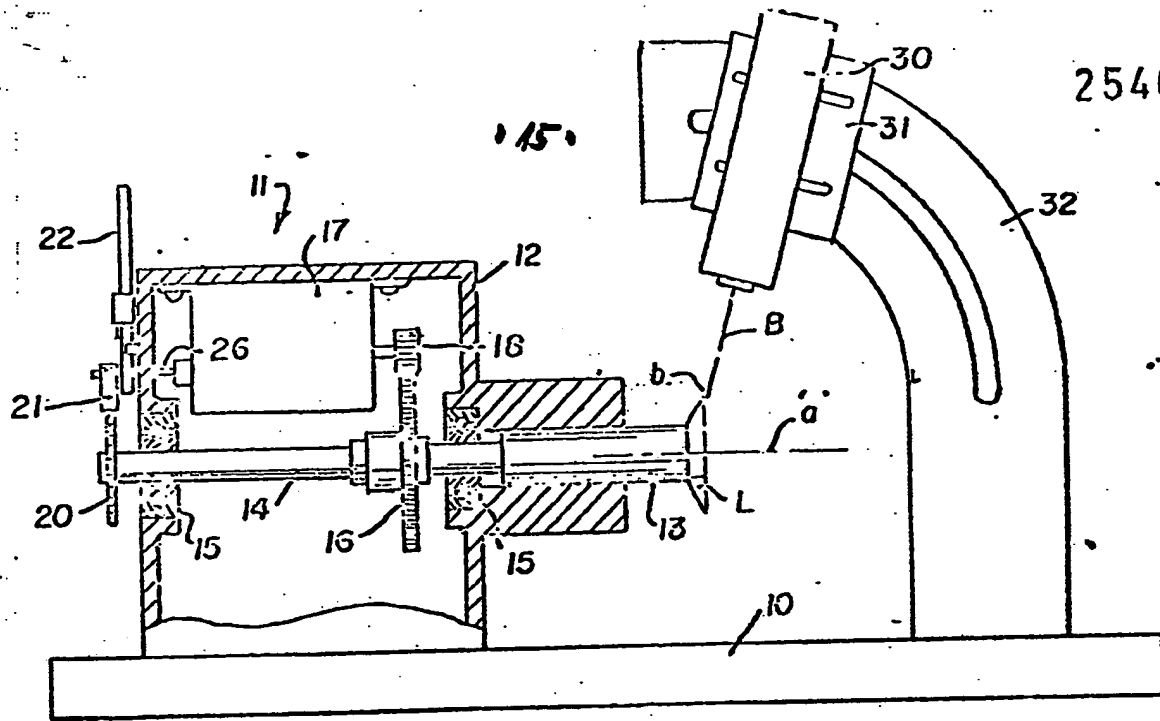


Fig. 1

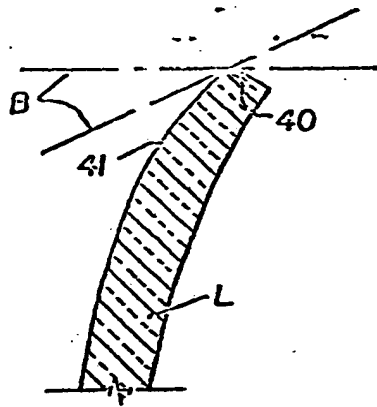


Fig. 2

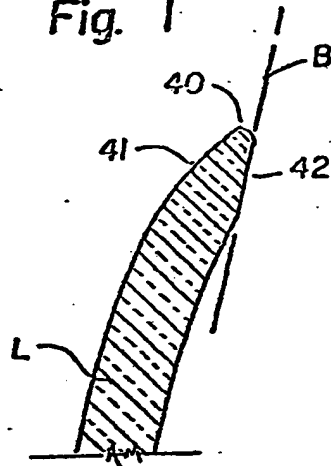


Fig. 3

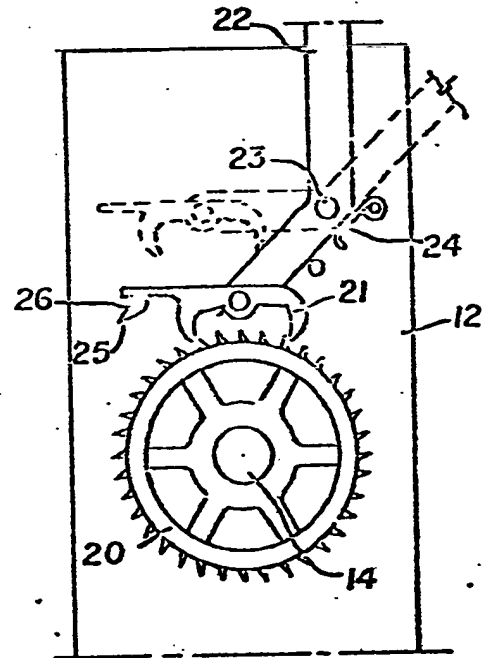


Fig. 4

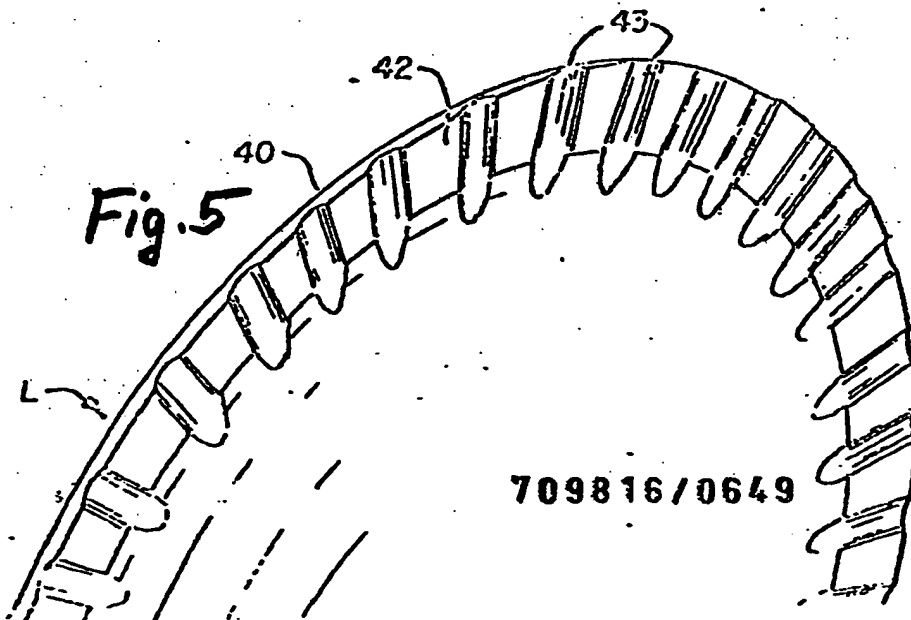


Fig. 5

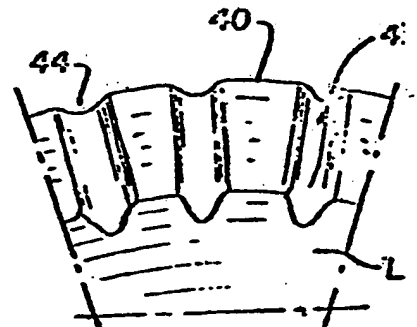


Fig. 6

709816/0649